

ELECTRICAL ENGINEERING

ВПЛИВ АКТИВНОЇ ДОВЖИНИ ОСЕРДЯ РОТОРА НА ВЕЛИЧИНУ ОБЕРТОВОГО МОМЕНТУ В ДВИГУНІ З РОТОРОМ, ЩО КОТИТЬСЯ

Дунєв О.О.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри «Електричні машини»
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Єгоров А.В.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри «Електричні машини»
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Масленніков А.М.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри «Електричні машини»
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, Україна

Дослідження та аналіз магнітної системи електричних двигунів з метою збільшення обертового моменту та збереженням габаритних розмірів, дозволяє визначити кращі конструкції, які є найбільш ефективними при перетворенні енергії.

Двигун з ротором, що котиться, (ДРК) являє собою різновид синхронних надтихохідних електричних машин (0,05–10 об/хв), принцип дії якого базується на безпосередньому обкатуванні осердя ротора по осердю статора під дією сили одностороннього магнітного тяжіння.

В роботі[1] визначаються різновиди конструктивних виконань ДРК, але усі вони зводяться до того, що осердя статора 1 і система обкатування 3 рознесена одна відносно іншої (рис. 1, а, б). Обмотка статора виконана у вигляді котушок 2, які розташовано в пазах осердя статора. В таких двигунах осердя статора виготовлено з електротехнічної сталі, система обкатування складається з двох катків, які виконано з немагнітногофрикційного матеріалу, а осердя ротора 4 комбіноване: середня його частина з магнітного матеріалу, а бокові – немагнітні. Таким чином магнітний потік замикається тільки по осердям статора і ротора.

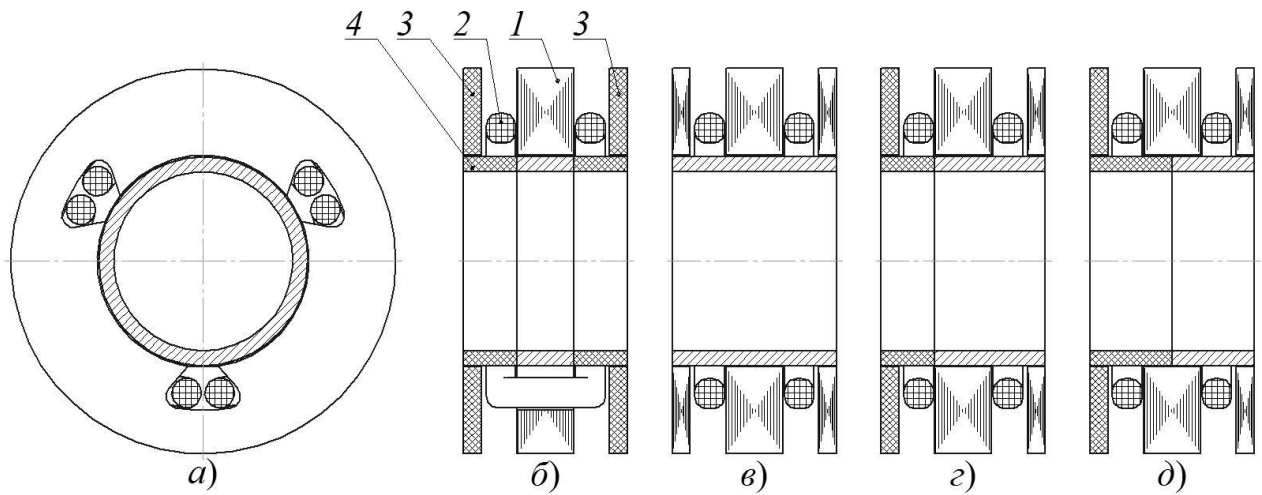


Рис. 1 – Ескізи магнітної системи ДРК

а) –поперечнийпереріз; б-д) – поздовжні перерізи при різних конструкціях осердь; 1 – осердя статора; 2 – котушка; 3 – система обкатування; 4 – осердя ротора

В роботах [2, 3]запропоновано об'єднати в одну єдину систему осердя статора та систему обкатування і виконувати їх з електротехнічної сталі, а осердя ротора повністю магнітне на всю довжину машини (рис. 1, в). Таке рішення дозволяє значно краще використовувати внутрішній об'єм двигуна.

Проміжний варіант цих виконань – їх комбінація, коли один з катків на статорі виконано з немагнітного матеріалу, а інший з електротехнічної сталі(рис. 1, г). Осердя ротора виконується комбінованим з магнітного і немагнітного матеріалів. Активна довжина осердя ротора при цьому буде дорівнювати сумі довжин осердя статора, товщині котушки та довжиніодного катка.

Останній варіант конструктивного виконання двигуна подібний до попереднього, але відрізняється тільки зменшенням активної довжини осердя ротора до половини довжини осердя статора (рис. 1, д).

Для оцінки впливу активної довжини осердя ротора на величину обертового моменту проведено чисельно-польовий розрахунок магнітного поляДРК на тривимірних моделяхдля кожного з чотирьох конструктивних виконань.Кожна з моделей має відповідну довжину активної частини ротора, але збережено осьову довжину ДРК, зовнішній діаметр, розмір котушки та значення її магніторушійної сили для кожного виконання.

В результаті моделювання отримано ступінь насиченняосердя статора і ротора (рис.2), розподіл величини магнітної індукції у повітряному проміжку (рис.3), а також значення обертового моменту для кожного з варіантів конструктивного виконання. Результати моделювання зведено до однієї системи координат і наведено на рис. 4.

Розглядаючи графіки розподілу магнітної індукції у повітряному проміжку та ступені насичення магнітопроводів ДРК, можна зробити висновок, що обертовий момент двигуна в високій мірі залежить від площі контакту магнітопровідних поверхонь статора та ротора, та від шляху замикання силових ліній магнітного поля.

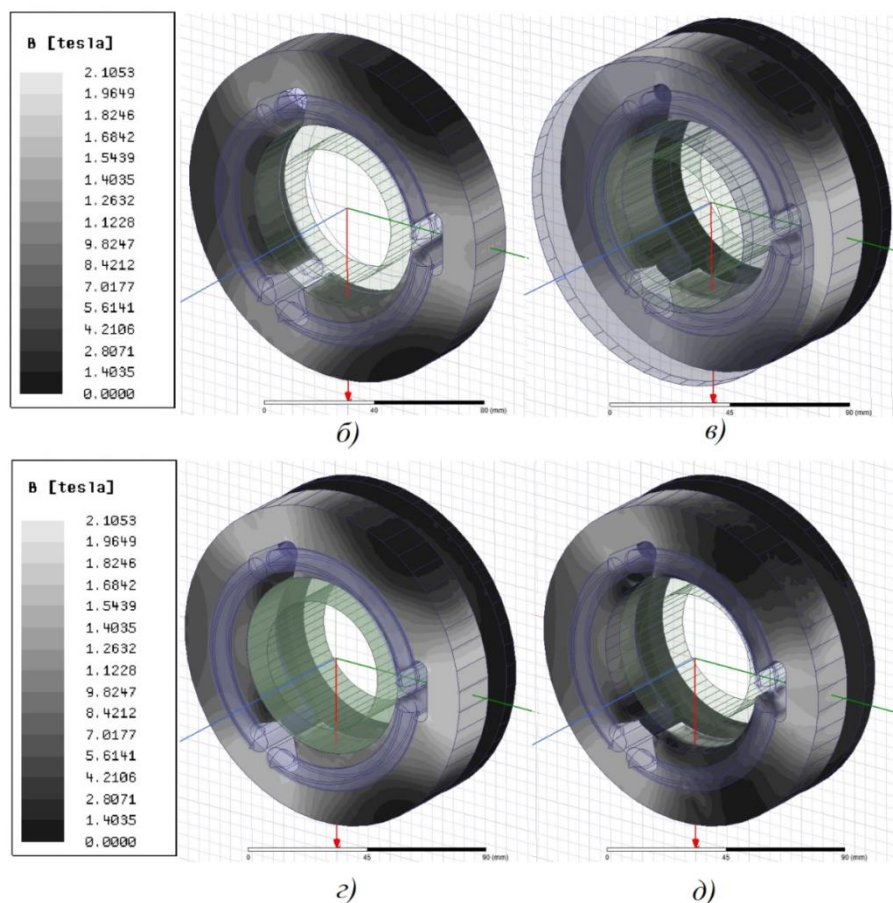


Рис. 2 – Ступінь насичення магнітопроводів ДРК для різних конструктивних виконань машини (дивись ескіз магнітної системи ДРК – рис. 1)

Так у конструкції «б» контактна поверхня найменша, а силові лінії магнітного поля замикаються із статора у ротор не вздовж, а поперек шихтованих пластин ротора та статора, без допоміжного замикання через магнітопровідні катки. Таким чином, сила одностороннього магнітного тяжіння, що обкотує ротор і, як наслідок, обертовий момент ДРК – незначні – $1,86 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Конструктивне виконання ДРК «в», що має максимальну довжину ротора та два магнітопровідних катки, має найбільші показники обертового моменту – $4,35 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Це пов'язано із рівномірним розподілом магнітного поля вздовж шихтованих пластин магнітопроводів і їх замиканням без значних втрат через катки із статора у ротор.

Конструкції «г» та «д» виконані із одним магнітопровідним катком, різниця між ними лише у довжині ротора ДРК. Так у конструкції «г» магнітне поле при максимальній довжині ротора розподіляється із значним витісненням на поверхню статора, не створюючи корисного обертового моменту, а у конструкції «д», із ротором до половини довжини статора, розподіл магнітного поля є більш ефективним та рівномірним ($4,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$). Тому остання конструкція вважається найбільш вдалою у плані створення оптимального обертового моменту, без надлишкової необхідності у додатковому катку з іншої сторони, що суттєво зменшує габарити машини та самого ротора, економлячи таким чином матеріали при виготовленні двигуна.

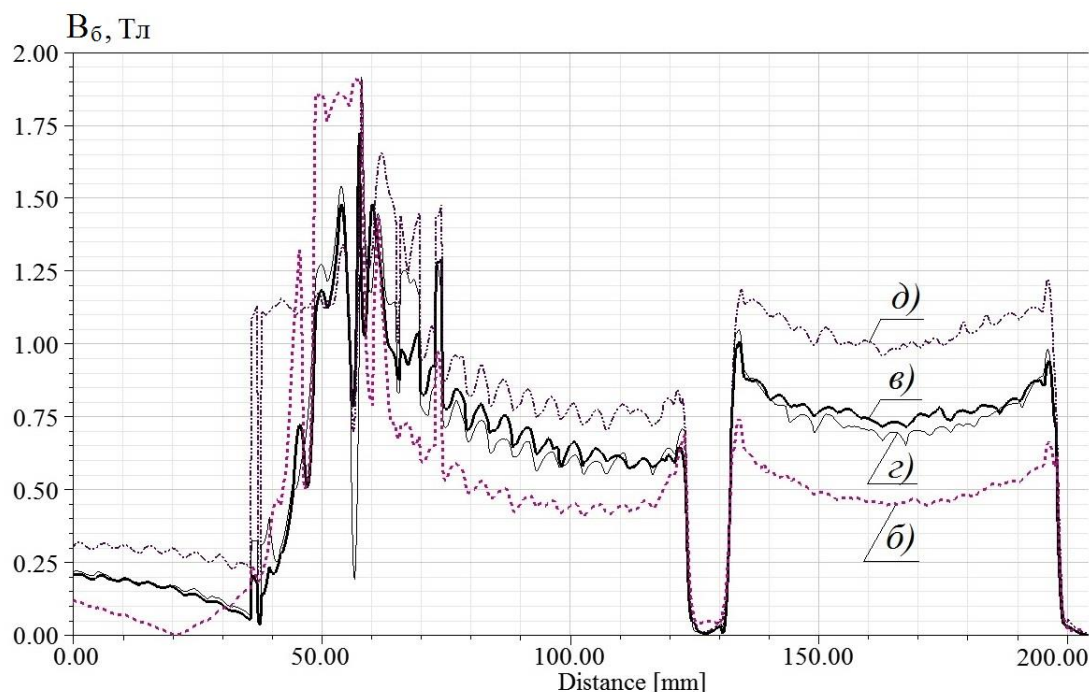


Рис. 3 – Розподіл величин магнітної індукції у повітряному проміжку ДРК для різних конструктивних виконань (ескіз магнітної системи ДРК – рис.1)

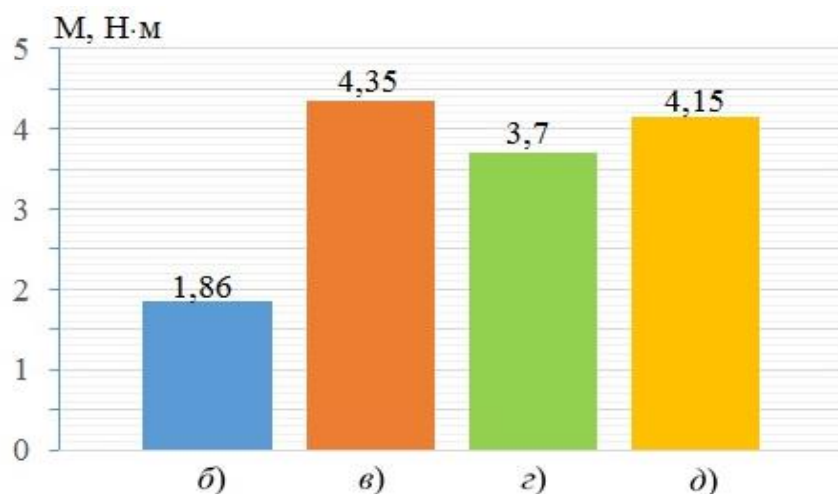


Рис. 4 – Величина максимального моменту ДРК для різних конструктивних виконань машини (дивись ескіз магнітної системи ДРК – рис.1)

Література:

1. Борзяк Ю.Г. Электродвигатели с катящимся ротором / Ю.Г. Борзяк, М.А. Зайков, В.П. Наний. – К.: Техніка, 1982. – 120 с.
2. Єгоров А.В. Вплив схеми з'єднання котушок обмотки статора двигуна з ротором, що котиться, на його енергетичні показники / А.В. Єгоров [та ін.] // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – № 1 (1223). – С. 106–113.
3. Масленников А.М. Сравнение типов роторов в двигателе с катящимся ротором, работающего от сети переменного напряжения / А.М. Масленников,

А.А. Дунев, А.В. Егоров // Тези доп. 23-ї Міжнар. наук.-практ. конф. "Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (MicroCAD–2015), 20–22 травня 2015 р. / ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ "ХПІ", 2015. – С. 103.